نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۰۴-۳۹۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 393-404

ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی مرتبط با تحمل به خشکی درکلزای بهاره

بهمن پاسبان اسلام[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴

چکیده

مطالعه با هدف شناسایی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و زراعی مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کلزای بهـاره اجـرا گردیـد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقـات و آمـوزش کشـاورزی و منـابع طبیعی آذربایجان شرقی طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا گردید. فاکتور اصلی تنش کمبود آب با سطوح: بدون تنش، تنش از زمان گل‌دهـی و از خورجین‌دهی تا رسیدگی و فاکتور فرعی ژنوتیپ شامل: RGS003، ظفر، ساری گل، زرفام و دلگان بودند. نتایج نشـان دادنـد بـروز خشـکی از مراحـل گل‌دهی و خورجین‌دهی باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار مقدار نسبی آب برگ (RWC)، هدایت روزنـه، شـاخص کلروفیـل بـرگ، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن گردید ولی بیشترین تأثیرپذیری به‌هنگام وقوع تـنش از مرحله گل‌دهی بود. بنابراین تأمین آب در این مرحله اولویت بیشتری خواهد داشت. کمبود آب با اثر کاهشی روی همه اجزای عملکرد باعث افت عملکرد دانه گردید. همبستگی‌های معنی‌داری بین دمای برگ، RWC ، شاخص کلروفیل برگ و هدایت روزنه با همدیگر و با عملکرد دانـه و روغـن و اجـزای عملکرد دانه دیده شد. شاخص‌های مذکور از کارایی قابل قبولی در شناسایی اثرات کمبود آب روی ژنوتیپ‌هـای بهـاره کلـزا برخـوردار بودنـد. ژنوتیـپ RGS003 با کسب بیشترین مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ، همواره بیشترین عملکرد دانه و روغن را به خـود اختصـاص داد و برای کشت در شرایط مواجه با کمبود آب قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: دمای برگ، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه

مقدمه

کمبود آب در کلزا (*Brassica napus* L.) با کاهش پتانسیل آب برگ، باعث افت تورم سلولی، هدایت روزنـه‌ای و فتوسـنتز شـده و در نهایت رشد و تولید محصول دچار آسیب مـی‌گـردد (Kumar and Singh, 1998). ارزیابی رشد و عملکرد کلزا، گنـدم، جـو و نخـود در خاک شور همراه با اثرات تنش خشکی نشان داد که کلزا و جو تحـت تنش در مقایسه با شرایط عادی افت عملکـرد دانـه کمتـری داشـتند (Grewal, 2010). نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های کلـزا بـرای تحمـل بـه خشکی در مهاباد آذربایجان غربی حاکی از آن است که بین ژنوتیپ‌ها تنوع معنی‌داری برای تحمل به خشکی وجود داشته و آنها در دو گروه متحمل و حساس گروه‌بندی می‌شوند. این امر نشـان‌دهنـده پتانسـیل موجود برای اصلاح کلزا جهـت توسـعه کشـت در منـاطق مواجـه بـا خشکی است (Khalili *et al.*, 2012).

با توسعه کمبود آب روزنه‌های برگ بـه‌صـورت فزاینـده‌ای بسـته شده، تعرق کاهش یافته و دمای تاج پوشش بـرگ افـزایش مـی‌یابـد (Rao and Mendham, 1991). همبستگی معنـی‌داری بـین تنظـیم اسمزی و هدایت روزنه و نیز دمای تاج پوشش برگ در کلـزا گـزارش شده است (Kumar and Singh, 1998). خنک شدن تعرقی (تفاوت دمای تاج پوشش برگ و هوا) می‌تواند شاخص مناسبی برای گـزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کلزا در شرایط فزاینده کمبود آب خاک باشـد (Singh *et al.*, 1985). همبسـتگی مثبـت و معنـی‌داری بـین عملکرد دانه و هدایت روزنه در کلزا گزارش شده است (Kumar and Singh, 1998). چنانچه مقدار نسبی آب بـرگ (RWC) بـالا باشـد، گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تـداوم مـی‌یابـد (Rao and Mendham, 1991). با توجه به وجود همبستگی بالا بین جذب آب و مقدار نسبی آب برگ در کلزا، با قـرار گـرفتن گیـاه در معـرض تنش خشکی، جذب آب توسط ریشه افـت کـرده و مقـدار نسـبی آب برگ کاهش می‌یابد (Pasban Eslam *et al.*, 2000). به‌نظر می‌رسد

۱- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سـازمان تحقیقـات، آمـوزش و تـرویج کشـاورزی، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: b_ pasbaneslam@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.62800

مقدار نسبی آب برگ بتواند شاخص مناسبی بـرای پـیش‌بینـی تـوان بالاتر جذب و یا حفظ آب توسط گیاه با وجود شرایط فزاینـده کمبـود آب خاک باشد.

زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صـفات زراعـی کلزا همچون تعـداد دانـه در خـورجین، وزن دانـه‌هـا، تعـداد و طـول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sheikh *et al.*, 2006). به‌طور معمول در شرایط خشکی آخر فصل ارقـامی از کلزای پاییزه که عملکرد دانه بالاتری داشـتند، دارای سـاقه بلنـدتری هم بودند (Miri *et al.*, 2008). کلزاهای بـا ارتفـاع بوتـه بیشـتر بـا داشتن برگ بیشتر در طـول سـاقه و در نتیجـه سـطح فتوسـنتزکننده بالاتر عملکرد بیشتری نشان دادند (Sheikh *et al.*, 2006). در کلـزا کاهش مقدار آب در مرحله گل‌دهی موجب کاهش تعداد خـورجین‌هـا در بوته می‌گردد ولی تنش پس از مرحله گل‌دهـی، کـاهش معنـی‌دار تعداد دانه در خورجین را سبب می‌شود. آبیاری تکمیلی در کلـزا سـبب طولانی‌تر شدن دوره گل‌دهی و باعث افزایش تعداد خورجین‌های بوته و تعداد دانه در خورجین می‌گردد (Golypour *et al.*, 2005). کمبـود آب در مراحل رشد رویشی، گل‌دهـی و پرشـدن دانـه کلـزا، شـاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد در حالی‌که تـأمین آب کـافی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی و توسعه خورجین‌ها، باعـث افـزایش تعـداد دانه در خـورجین گردیـد (Jensen *et al.*, 1996). گـزارش شـده در شرایط تنش کم آبی اعمال شده در مرحله ساقه‌دهی در میان اجـزای عملکرد دانه، میزان تأثیرپذیری تعداد دانه در خورجین بیشتر از دیگـر اجزای عملکرد بود (Daneshmand *et al.*, 2006). نتـایج حاصـل از یک مطالعه روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تـنش خشـکی آخر فصل با کاهش تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه را کاهش داد (Pasban Eslam, 2014). نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپ‌های متعلق به گونه‌های *Brassica napus* L. و *B. juncea* L. در شرایط گرم و خشک روشن ساخت که رابطه بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوتـه و بـا وزن هـزار دانـه مثبـت و معنـی‌دار بـود (Gunasekera *et al.*, 2006). در آزمایش دیگـری تـنش در مرحلـه گل‌دهی مقدار روغـن را کـاهش داد (Mendham and Salisbury, 1995). همچنین تنش خشکی در اواخر فصل رشـد، موجـب کـاهش درصد روغن دانه‌ها در کلزا شده است (Sinaki *et al.*, 2007). نتـایج حاصل از بررسی دو رقم کلزای بهـاره در منطقـه گنبـد نشـان داد در شرایط محدودیت آب طی مرحله زایشی، بین دمـای هـوا و عملکـرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Faraji *et al.*, 2009).

هدف از این پروژه شناسایی برخی شـاخص‌هـای فیزیولوژیـک و زراعی مناسب بـرای اسـتفاده در گـزینش ژنوتیـپ‌هـای متحمـل بـه خشکی کلزای بهاره و بررسی اثرات کمبود آب از مراحل گـل‌دهـی و خورجین‌دهی روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی دو سـال زراعـی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. این ایستگاه (۴۶ درجـه و ۲ دقیقـه شـرقی، ۳۷ درجـه و ۵۸ دقیقه شمالی) در سیستم اقلیم‌بندی کوپن سرد و نیمه خشـک اسـت. همچنین منطقه زمستان‌هایی با روزهای یخ‌بنـدان دارد. میـانگین دراز مدت بارندگی سالانه ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. بخش عمده بارنـدگی در بازه زمانی نیمه دوم پاییز تا نیمه اول بهار رخ می‌دهد. میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه به‌ترتیب ۲/۷۸ و ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد است. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳۴۷ متر می‌باشد. مشخصـات آب و هوایی ایستگاه طی دوره آزمـایش در جـدول ۱ آمـده اسـت. خـاک محل آزمایش لوم رسی بوده و دارای ۱/۵ درصد ماده آلی بود (جـدول ۲).

مطالعه در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده بـر پایـه بلـوک کامل تصادفی با سـه تکـرار اجـرا شـد. کشـت در ۱۵ فـروردین مـاه سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ انجام گردید. عامل‌های آزمایش شامل تنش کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی با سه سـطح: بـدون تـنش، تـنش از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی و تنش از مرحله خورجین‌دهی تا رسـیدگی و عامل فرعی ژنوتیپ در پنج سطح شامل: RGS003 (سازگار بـا آب و هوای متوسط رس) ظفر (متحمل به سرما و نسبتاً دیررس)، سـاری گل (حساس به سرما و دیررس)، زرفام (حساس بـه سـرما و متوسـط رس) و دلگان (متحمل به گرما، متحمل به بیماری قارچی اسکلروتینیا و زودرس) بودند. فاصله خطوط کاشـت ۲۴ سـانتی‌متـر و میـزان بـذر هشت کیلوگرم در هکتار بوده و در نهایت تراکم ۷۵ بوته در متر مربـع تثبیت شد. هر کرت شامل شش ردیف به‌طـول پـنج متـر بـود. بـرای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌ها و بین تکرارها دو متر فاصله ایجـاد شد. تنش با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A اعمال گردید. در دوره اعمال تنش برای سطوح بدون تنش، آبیاری در زمـان ۸۰ میلـی‌متـر تبخیر و برای تیمارهای تنش، آبیاری در زمان ۱۵۰ میلی‌متر تبخیـر از تشتک انجام گرفت (Daneshmand *et al.*, 2006 and Shargi *et al.*, 2011). در هر دو سال آزمایش کوددهی مزرعـه بـر پایـه نتـایج آزمون خاک (جدول ۲) با استفاده از کود نیتروژن‌دار اوره به‌مقدار ۱۴۳ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل کاشـت و غنچـه‌دهـی، سـولفات پتاسیم به‌مقدار ۲۴ کیلوگرم در هکتار به‌صورت K_2O و سوپر فسـفات تریپل به‌مقدار ۲۱ کیلوگرم در هکتار به‌صـورت P_2O_5 قبـل از کاشـت صورت گرفت. طی سال‌های آزمایش در زمان روزت با استفاده از سم سوپر گالانت با غلظت یک در هزار برعلیه علف‌های هرز نازک بـرگ مبارزه شد. چون تناوب سال قبل گندم بوده و با علف‌های هـرز پهـن برگ مبارزه گردیده است، مشکلی از نظر این نوع علف‌هـای هـرز در مزرعه دیده نشد. همچنین در شروع خورجین‌دهی برای مبارزه با آفت

شته مومی، مزرعه با سم پریمکارب (Pirimicarb) با غلظت یک در هزار سمپاشی گردید.

برای تعیین مقدار نسبی آب برگ (RWC) از هر نمونه برگ برداشت شده سه دیسک به قطر ۲۰ میلی‌متر جدا گردیده و بلافاصله وزن شدند (وزن تر)، سپس نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در آب مقطر دوبار تقطیر با دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آنها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل) سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت مقدار نسبی آب برگ از رابطه: وزن خشک− وزن تورم کامل/ وزن خشک− وزن تر = RWC محاسبه گردید. دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T۲−۸۲۵ ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری شد (Kumar and Singh, 1998). هدایت روزنه‌های برگ نیز با استفاده از دستگاه پورومتر پخشی مدل AP4 ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد (Kumar and Singh, 1998). شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta Moel: SPAD-502) ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری گردید. تعیین مقدار نسبی آب برگ، دمای برگ و هدایت روزنه بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ انجام گردید. صفات مذکور در اواسط مراحل رشدی گل‌دهی و خورجین‌دهی اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌هنگام رسیدگی محصول پس از حذف حاشیه‌ها، تمامی کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه‌ها تعیین شدند. برداشت پس از رسیدگی وزنی، سال اول آزمایش در تاریخ ۱۵ و سال دوم در ۲۷ تیر ماه انجام گردید. در هر دو سال آزمایش زمان رسیدگی فیزیولوژیک رقم RGS003 و دلگان به‌ترتیب ۵ و ۶ روز زودتر از سایر ارقام بود. درنهایت تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار آماری MSTATC و تعیین همبستگی صفات به‌روش پیرسون با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS Ver.16 به‌صورت گرفت. درصد روغن داده‌ها با دستگاه NMR مدل A ۲۵− ۱۸− ۲۰ H ساخت کارخانه بروکر کشور کانادا در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعیین شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در طول فصل رشد سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

Table 1- Mean of minimum, maximum and total air temperature and sum of precipitation of Khosrowshah Agricultural Research Station in 2015 and 2016 growing seasons

سال Year	ماه‌های سال Month of year	میانگین دمای حداقل (°C) Mean of minimum temperature (°C)	میانگین دمای حداکثر(°C) Mean of maximum temperature (°C)	میانگین کل دما (°C) Mean of total temperature (°C)	مجموع بارندگی Sum of precipitation (mm)
2015	April	4.3	16.2	10.3	37.6
	May	8.0	21.9	14.9	50.6
	June	14.2	30.0	22.1	3.5
	July	19.7	35.2	27.4	0.0
2016	April	4.8	13.5	9.1	50.7
	May	9.1	23.1	16.1	37.5
	June	12.7	27.5	20.1	17.2
	July	18.4	33.0	26.0	10.8

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2- Some of physicochemical traits of experimental soil

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mg kg^{-1})	پتاسیم Potassium (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
8.2	6.2	0.26	0.03	16	218	33	28	39

نتایج و بحث

بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر دمای برگ، شاخص کلروفیل برگ، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغن دیده شد (جدول ۳). این موضوع می‌تواند در اثر تفاوت شرایط آب و هوایی دو سال آزمایش به‌ویژه در میانگین کل دما و مجموع بارندگی به‌ترتیب در دوره گل‌دهی و پرشدن دانه بوده باشد. در سال دوم آزمایش میانگین کل دما در خرداد ماه حدود دو درجه سانتی‌گراد کمتر از سال اول بود که باعث افت تعرق و کاهش نیاز آبی می‌گردد. همچنین در سال دوم آزمایش در اوایل تیر ماه (دوره پرشدن دانه) ۱۰/۸ میلی‌متر بارندگی رخ داد ولی تیر سال اول فاقد بارندگی بود (جدول ۱). اثر تنش خشکی روی همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثر متقابل سال با تنش خشکی صرفاً روی دمای برگ معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در همه صفات بررسی شده به غیر از دمای برگ و تعداد خورجین در بوته وجود داشت. اثر متقابل سال با ژنوتیپ روی وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش خشکی با ژنوتیپ روی مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه، شاخص کلروفیل برگ، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه سال، تنش خشکی و ژنوتیپ روی تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار گردید (جدول ۳).

بروز تنش خشکی از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه گردید ولی بیشترین افت تعداد خورجین در بوته زمانی بود که تنش کمبود آب از مرحله گل‌دهی بروز می‌کرد (جدول ۴). کمبود آب در این مرحله باعث ریزش گل‌ها و خورجین‌های تازه تشکیل یافته می‌شود. نشان داده شده است که زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات زراعی کلزا همچون تعداد دانه در خورجین، وزن دانه‌ها، تعداد و طول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sheikh *et al.*, 2006). گزارش شده است کمبود آب در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پرشدن دانه کلزا، شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد در حالی‌که تأمین آب کافی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی و توسعه خورجین‌ها، باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گردید (Jensen *et al.*, 1996). زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات زراعی کلزا همچون تعداد دانه در خورجین، وزن دانه‌ها، تعداد و طول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sinaki *et al.*, 2007).

بیشترین وزن هزار دانه در سال اول آزمایش به زرفام و سال دوم به RGS003 تعلق گرفت ولی ظفر همواره کمترین وزن هزار دانه را داشت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد علت این امر زودرس بودن رقم ظفر و بنابراین داشتن زمان کمتر برای پرشدن دانه‌ها باشد. تنش خشکی همواره باعث کاهش مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌های برگ و شاخص کلروفیل برگ در ژنوتیپ‌های کلزا گردید ولی میزان این کاهش درصورت بروز تنش از مرحله گل‌دهی بیشتر بود. در هر دو شرایط عادی و کمبود آب، همواره بیشترین مقادیر این شاخص‌ها به ژنوتیپ RGS003 به‌عنوان ژنوتیپ سازگار با آب و هوای گرم و خشک تعلق داشت و دلگان معمولاً کمترین مقادیر را داشت (جدول ۶). نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که بروز کمبود آب از مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a و b در برگ‌ها می‌گردد ولی میزان این کاهش در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی بیشتر بود (Dine *et al.*, 2011). تنش خشکی در اغلب تیمارهای آزمایش باعث کاهش تعداد دانه در خورجین گردید و این کاهش در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی شدیدتر بود (جدول ۷). به نظر می‌رسد علت آن سقط دانه‌ها در اثر کمبود آب و کاهش فتوسنتز و انتقال کمتر فرآورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها باشد. کمترین مقادیر هدایت روزنه نیز در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی دیده شد (جدول ۶). در هر دو سال آزمایش و همه ژنوتیپ‌ها بیشترین عملکردهای دانه و روغن در شرایط بدون تنش به‌دست آمد و کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد شد ولی این افت عملکرد در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۷). نتایج نشان دادند که هر دو مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی در کلزای بهاره از نظر نیاز آبی بحرانی بوده و بروز کمبود آب در هر یک از این مراحل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن می‌گردد. البته حساسیت کلزا در مرحله گل‌دهی به‌مراتب بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد درصورت محدودیت منابع آب، آبیاری در مرحله گل‌دهی اولویت بیشتری داشته باشد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، RGS003 در تمام شرایط آبی و سال‌های آزمایش بیشترین عملکرد دانه و روغن را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی بیشترین عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب با مقادیر ۱۱۲۰ و ۴۶۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش خشکی از RGS003 به‌دست آمد. در سال اول آزمایش در شرایط بدون تنش همه ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و روغن در یک گروه آماری قرار گرفتند ولی در سال دوم بیشترین عملکردها را RGS003 و دلگان کسب کرد. در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی، بیشترین عملکردها به RGS003 و زرفام در سال اول و RGS003 و ظفر در سال دوم آزمایش مربوط بود. درصورتی‌که تنش خشکی از مرحله خورجین‌دهی بروز می‌کرد، RGS003 و ظفر عملکردهای بیشتری داشتند (جدول ۷). درنهایت چنین استنباط می‌گردد که ژنوتیپ RGS003 با داشتن مقادیر بالاتر مقدار نسبی آب و هدایت روزنه و شاخص کلروفیل در برگ‌ها همواره از بالاترین عملکرد دانه و روغن برخوردار بوده و برای کشت بهاره در

اقلیم‌های با احتمال بروز تنش خشکی از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی قابل توصیه است. نتایج تحقیقات روی ارقام بهاره کلزا در کرج نیز نشان داد که در کشت‌های به‌هنگام ژنوتیپ‌های RGS003، ظفر، ساری گل و طلایه عملکرد دانه بالایی داشتند (Roudi and Shirani Rad, 2014).

همبستگی منفی و معنی‌داری بین دمای برگ با همه صفات مورد مطالعه دیده شد. همبستگی بین مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌های برگ و شاخص کلروفیل برگ با دمای برگ منفی و با سایر صفات مورد مطالعه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸). همچنین آهنگ تغییر این شاخص‌ها بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با تغییرات عملکرد دانه و روغن هم‌سو بودند (جدول ۶). شاخص‌های مذکور از کارایی قابل قبولی در بازتاب اثرات تنش خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا برخوردار بوده و می‌توان از آنها در شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی کلزای بهاره استفاده نمود. وجود همبستگی معنی‌دار بین تنظیم اسمزی و هدایت روزنه و نیز دمای تاج پوشش برگ در کلزا گزارش شده است (Kumar and Sink, 1998). همبستگی بین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه با عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی بین درصد روغن و عملکرد دانه با عملکرد روغن نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸). چنین استنباط می‌گردد که هر سه قسمت از عملکرد دانه شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه از نقش اساسی در شکل‌گیری عملکرد دانه برخوردار بودند و عملکرد روغن نیز از هر دو صفت عملکرد دانه و درصد روغن دانه تأثیر معنی‌داری پذیرفته است. نتایج بررسی ژنوتیپ‌های کلزا در منطقه گنبد نشان داد بین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با عملکرد دانه همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Faraji, 2013). در گیاهان کلزا تعداد خورجین در بوته اثر معنی‌داری روی عملکرد دانه دارد. این ویژگی توسط بقای شاخه‌ها، غنچه‌ها، گل‌ها و خورجین‌های جوان پشتیبانی می‌شود (Diepenbrock, 2000). نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپ‌های متعلق به گونه‌های *B. napus* L. و *B. juncea* L. در شرایط گرم و خشک نشان داد که رابطه بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و با وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود (Gunasekera *et al.*, 2006).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا تحت تنش خشکی طی دو سال زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

Table 3- Analysis of variance for measured traits of spring genotypes of rapeseed under drought stress during 2015 and 2016

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	Mean squares میانگین مربعات				
		دمای برگ Leaf temperature	مقدار نسبی آب برگ Relative water content	هدایت روزنه Stomatal conductance	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant
Year (Y) سال	1	67.947**	0.001	0.001	8.711*	453.378**
Rep./Y تکرار/ سال	4	5.147	0.001	0.001	2.044	83.911
Drought stress (A) تنش خشکی	2	221.189**	0.141**	0.058*	1477.544**	2035.678**
Y×A سال × تنش خشکی	2	4.460	0.001	0.001	3.011	56.678
$Error_1$ خطای اصلی	8	3.560	0.001	0.001	0.894	29.728
Genotype (B) ژنوتیپ	4	1.180	0.010**	0.012**	96.417**	100.350
Y×B سال × ژنوتیپ	4	2.194	0.001	0.001	0.294	44.072
A×B تنش خشکی × ژنوتیپ	8	1.851	0.400**	0.001**	23.767**	38.400
Y×A×B سال × تنش خشکی × ژنوتیپ	8	1.381	0.001	0.001	1.344	22.456
$Error_2$ خطای فرعی	48	1.112	0.001	0.0003	2.139	48.206
C.V.(%) ضریب تغییرات	–	4.08	3.08	1.72	5.46	12.72

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ۳

Table 3 continue

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean squares: تعداد دانه در خورجین Grain number per pod	وزن هزار دانه 1000 grains weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield
Year (Y) سال	1	67.600**	0.022	145282.844**	11.881*	30160.455**
Rep./Y تکرار/ سال	4	16.444	0.013	27098.844*	2.903	5819.323*
Drought stress (A) تنش خشکی	2	102.480**	2.431**	1402088.078**	43.680**	285315.505**
Y×A سال × تنش خشکی	2	26.609*	0.040	22442.144	7.862	1865.463
$Error_1$ خطای اصلی	8	4.335	0.010	6443.844	1.919	961.740
Genotype (B) ژنوتیپ	4	15.249*	0.194**	110036.194**	4.590*	21263.579**
Y×B سال × ژنوتیپ	4	5.160	0.143**	33208.94**	1.442	6030.442**
A×B تنش خشکی × ژنوتیپ	8	6.035	0.034	31003.161**	2.190	5713.726**
Y×A×B سال × تنش خشکی × ژنوتیپ	8	15.886*	0.039	25867.561**	0.647	4065.183**
$Error_2$ خطای فرعی	48	5.579	0.026	5745.539	1.290	1222.038
C.V.(%) ضریب تغییرات	-	9.75	5.67	9.76	2.81	11.06

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ٤- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 4- Mean of measured traits on spring genotype of rapeseed under different drought stress levels

سطح تنش خشکی Drought stress level	دمای برگ Leaf temperature (°C)	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	درصد روغن Oil percent
بدون تنش Non-stressed	22.7	63.4	3.2	41.7
تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	27.7	47.0	2.6	39.3
تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	27.0	53.3	2.7	40.2
LSD 5%	1.123	3.246	0.059	0.824

جدول ٥- میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا طی دو سال زراعی ١٣٩٤و ١٣٩٥

Table 5- Mean of measured traits on spring genotypes of rapeseed during 2015 and 2016

سال Year	١٣٩٤ 2015					١٣٩٥ 2016					
ژنوتیپ Genotype	RGS003	ظفر Zafar	ساری گل Sarigol	زرفام Zarfam	دلگان Dalgan	RGS003	ظفر Zafar	ساری گل Sarigol	زرفام Zarfam	دلگان Dalgan	LSD 5%
وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	2.9	2.7	2.7	3.1	2.9	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	0.153

جدول ٦- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 6- Mean of measured traits on spring genotypes of rapeseed under different drought stress levels

سطح تنش خشکی Drought stress level	ژنوتیپ Genotype	مقدار نسبی آب برگ Relative water content	هدایت روزنه Stomatal conductance ($cm.s^{-1}$)	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index
بدون تنش Non-stressed	RGS003	0.797	0.723	37.67
	Zafar ظفر	0.792	0.672	34.33
	Sarigol ساری گل	0.785	0.660	36.50
	Zarfam زرفام	0.767	0.707	36.00
	Dalgan دلگان	0.785	0.670	28.50
تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	RGS003	0.695	0.643	24.33
	Zafar ظفر	0.605	0.590	19.17
	Sarigol ساری گل	0.613	0.562	24.33
	Zarfam زرفام	0.695	0.608	18.17
	Dalgan دلگان	0.643	0.592	19.17
تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	RGS003	0.737	0.668	26.83
	Zafar ظفر	0.693	0.652	24.50
	Sarigol ساری گل	0.655	0.612	26.17
	Zarfam زرفام	0.710	0.633	25.33
	Dalgan دلگان	0.687	0.618	22.67
LSD 5%	–	0.036	0.020	1.698

جدول ۷- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی طی دو سال زراعی ۱۳۹٤و ۱۳۹۵

Table 7- Mean of measured traits on spring genotypes of rapeseed under different drought stress levels during 2015 and 2016

سال **Year**	سطح تنش خشکی **Drought stress level**	ژنوتیپ **Genotype**	تعداد دانه در خورجین **Grain number per pod**	عملکرد دانه **Grain yield ($kg\ h^{-1}$)**	عملکرد روغن **Oil yield ($kg\ h^{-1}$)**
۱۳۹۴ 2015	بدون تنش Non-stressed	RGS003	25.5	1120	466
		Zafar ظفر	26.1	1051	430
		Sarigol ساری گل	24.1	1102	454
		Zarfam زرفام	26.2	1069	449
		Dalgan دلگان	25.9	1078	452
	تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	RGS003	21.5	764	312 f-
		Zafar ظفر	25.3	588	234
		Sarigol ساری گل	23.7	579	238
		Zarfam زرفام	24.3	745	302
		Dalgan دلگان	23.2	403	157
	تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	RGS003	25.8	954	396
		Zafar ظفر	25.2	778	316
		Sarigol ساری گل	27.0	533	217
		Zarfam زرفام	26.0	745	300
		Dalgan دلگان	26.4	741	295
۱۳۹۵ 2016	بدون تنش Non-stressed	RGS003	22.3	1153	481
		Zafar ظفر	28.0	808	337
		Sarigol ساری گل	27.7	803	334
		Zarfam زرفام	24.7	910	386
		Dalgan دلگان	27.3	1099	469
	تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	RGS003	20.0	671	274
		Zafar ظفر	19.3	694	262
		Sarigol ساری گل	22.3	498	193
		Zarfam زرفام	21.3	542	204
		Dalgan دلگان	20.7	567	215
	تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	RGS003	21.7	700	290
		Zafar ظفر	25.7	696	274
		Sarigol ساری گل	18.7	526	207
		Zarfam زرفام	23.7	633	249
		Dalgan دلگان	27.0	744	293
LSD 5%		−	3.878	124.4	57.39

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا (میانگین سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵)
Table 8- Correlation coefficients among studied traits on spring genotypes of rapeseed (mean 2015 and 2016)

صفات Traits	دمای برگ Leaf temperature (1)	مقدار نسبی آب برگ Relative water content (2)	هدایت روزنه Stomatal conductance (3)	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index (4)	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant (5)	تعداد دانه در خورجین Grain number per pod (6)	وزن هزار دانه 1000 grains weight (7)	عملکرد دانه Grain yield (8)	درصد روغن Oil percent(9)	عملکرد روغن Oil yield (10)
2	-0.89**									
3	-0.80**	0.90**								
4	-0.91**	0.81**	0.80**							
5	-0.87**	0.76**	0.72**	0.88**						
6	-0.64**	0.63*	0.46	0.53*	0.67**					
7	-0.88**	0.86**	0.78**	0.74**	0.78**	0.54*				
8	-0.91**	0.91**	0.90**	0.80**	0.77**	0.61*	0.88**			
9	-0.83**	0.87**	0.85**	0.82**	0.71**	0.51	0.78**	0.87**		
10	-0.91**	0.92**	0.90**	0.81**	0.77**	0.60*	0.89**	0.99**	0.89**	

* و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

وقوع تنش خشکی از هر دو مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار مقدار نسبی آب بـرگ، هدایت روزنه، شاخص کلروفیل بـرگ، تعـداد خـورجین در بوتـه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغـن گردیـد. ولـی خشـکی واقـع شـده از مرحله گل‌دهی، باعث افت بیشتر مقـادیر ایـن صـفات شـد. بنـابراین اثرات منفی خشکی روی جنبه‌های فیزیولوژیک مرتبط بـا تحمـل بـه خشکی و محصول‌دهی کلزای بهاره در مرحله گل‌دهی شـدیدتر بـود. به‌طور کلی درصورت محدودیت منابع آب، آبیاری در مرحله گل‌دهـی دارای اولویت بیشتری خواهد بود. صـفات فیزیولوژیـک دمـای بـرگ، مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ از کارایی قابل قبولی در بازتاب اثرات تنش خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا برخوردار بوده و می‌توان از آنها در شناسایی و گـزینش ژنوتیـپ‌هـای متحمل به تنش خشکی کلـزای بهـاره اسـتفاده نمـود. اثـرات منفـی خشکی رخ داده از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی روی عملکرد دانـه از طریق کاهش همه اجزای عملکرد بود. همبستگی مثبت و معنـی‌دار عملکرد روغن با عملکرد دانه و درصد روغن دانه، نشان‌دهنـده نقـش تعیین‌کننده هر دو صفت در تولید روغن می‌باشد. نتایج آزمایش حاکی از آن است که در شرایط بدون تنش، همه ژنوتیپ‌های مـورد مطالعـه عملکردهای قابل قبولی داشتند ولی در شرایط کمبود آب، RGS003 بـه‌عنـوان یـک ژنوتیـپ سـازگار بـا آب و هـوای گـرم و خشـک و متوسطرس، در شرایط کشت بهاره عملکرد دانـه و روغـن بـه‌مراتـب بیشتری کسـب کـرد و بـرای کشـت در شـرایط ناپایـدار منـابع آبـی مناسب‌تر است.

References

1. Daneshmand, A., Shirani-Rad, A. H., Darvish, F., Ardakani, A., Zarei, G., and Ghooshchi, F. 2006. Effect of drought stress on qualities and quantities of yield, yield components and relative water content in rapeseed cultivars. Geological Society of America Abstracts with Programs, Speciality. Meeting 3. p. 19.
2. Din, J., Khan, S. U., Ali, L., and Gurmani, A. R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Animal and Plant Science Journal 21: 78-82.
3. Diepenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Research 67: 35-49.
4. Faraji, A. 2013. The role of analysis components to determine seed yield of canola (*Brassica napus* L.) in Gonbad area. Journal of Plant Production 20: 217-233. (in Persian with English abstract).
5. Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., and Shirani Rad, A. H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation.

Agriculture Water Management 96: 132-140.

6. Golypour, A., Latifi, N., Ghassemiegolezani, K., Alyari, H., and Moghaddam, M. 2005. Comparison of growth and seed yield of oilseed rape cultivars in rainfed condition of Ghorgan. Agricultural Science and Natural Resources 11: 5-14. (in Persian with English abstract).
7. Grewal, H. S. 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on asodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. Agriculture Water Management 97: 148-156.
8. Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M., and Walton, G. H. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments 1. Crop growth and seed yield. European Journal of Agronomy 25: 1-12.
9. Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G., Fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N., and Thage, J. H. 1996. Glucosinolate, oil and protein contents of field -grown rape affected by soil drying, and evaporative demands. Field Crops Research 47: 93-105.
10. Khalili, M., Naghavi, M. R., Aboughadareh, A., and Talebzadeh, S. J. 2012. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Agriculture Science 4 (11): 78-85.
11. Kumar, A., and Singh, D. P. 1998. Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. Annual of Botany 81: 413-420.
12. Mendham, N. J., and Salisbury, P. A. 1995. Physiology: Crop development, growth and yield. In: Kimber, D. and Mc Gregor, D. I. (eds). Brassica oil seeds. CAB International. London. Pp: 11-67.
13. Miri, H. R., Emam, Y., and Mohammadi, N. M. 2008. Evaluation of some of seed yield related physiological traits. Agriculture Science 17: 101-117. (in Persian with English abstract).
14. Pasban Eslam, B. 2014. Study of some physiological indices, seed yield and its components of rapeseed varieties under drought stress. Journal of Plant production 20: 149-162. (in Persian with English abstract).
15. Pasban Eslam, B., Shakiba, M. R., Neyshabouri, M. R., Moghaddam, M., and Ahmadi, M. R. 2000. Evaluation of physiological indices as screening technique for drought resistance in oilseed rape. Procceding Pakestan Academic Science Journal 37: 143-152.
16. Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Soil-plant-water relation of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). Journal of Agricultural Science Cambridg 117: 197-205.
17. Roudi, D., and Shirani Rad, A. H. 2014. Introduction of cold tolerant spring oilseed rape cultivars in late cultivation. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. Pp. 14-15. (in Persian with English abstract).
18. Sharghi, Y., Shirani Rad, A. H., Ayeneh Band, A., noormohammadi, G., and Zahedi, H. 2011. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. African Journal of Biotechnology 10 (46): 9309-9313.
19. Sheikh, F., Toorchee, M., Valizadeh, M., Sakiba, M. R., and Pasban Eslam, B. 2006. Evaluation of drought tolerance in spring oilseed rape (*Brassica sp.*). Agricultural Science 15: 163-174. (in Persian with English abstract).
20. Sinaki, J. M., Majidi, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). American Journal of Agriculture Environmental Science 2: 417-422.
21. Singh, D. P., Singh, P., Kumar, A., and Sharma, H. C. 1985. Transpirational cooling as a screening technique for drought tolerance in oilseed brassicas. Annual Botany 56: 815-820.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 393-404

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۰۴-۳۹۳

Evaluation of Physiological and Agronomic Characteristics Related to Drought Tolerance in Spring Rapeseed

B. Pasban Eslam[1*]
Received: 21-02-2017
Accepted: 25-11-2017

Introduction: Among the different environmental stresses, drought is a major limitation in reducing crop yields. Rapeseed is a plant adaptable to areas with limited rainfall during winter and spring and dry air at flowering, grain filling and maturity stages. Water deficit stress during pod filling stage in rapeseed reduces the number of grains per m^2, oil percent and grain yield. Positive and significant correlations were reported among grain yield with pod numbers per plant and grain number in a pod in winter genotypes of canola, under normal and drought stress conditions. Strong negative relationship between grain yield and canopy temperature during reproductive stage of *Brassica napus* L. genotypes have been reported. The results of studying rapeseed genotypes under drought stress indicated that the chlorophyll *a* and *b* content of all genotypes declined due to drought stress at flowering and grain filling stages, but greater reduction in grain yield was observed when stress was imposed at flowering stage. The objectives of this study were to recognize some of the physiological and agronomic characteristics related to drought tolerance in spring genotypes of rapeseed and to study the grain and oil yields and yield components relations under normal and water deficit stress conditions.

Materials and Methods: The experiment was carried out in the East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (46°2′E, 37°58′N, 1347 m a.s.l.) with semi-arid and cold climate according to Koppen climatic classification system, during 2015 and 2016 cropping seasons. The experiment was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications. The experimental factors were drought stress with three levels: non-stressed and drought stress from flowering and pod formation stages and genotype in 5 levels: RGS003, Zafar, Sarigol, Zarfam and Dalgan. Each plot consisted of 6 rows in 5 meters. Plants were harvested on the 5^{th} and 17^{th} of July during the first and second years of experiment respectively. During harvest time, in order to control boarder effects, plants from the sides of each plot were removed. Measured traits were leaf temperature, relative water content, stomatal conductance, leaf chlorophyll index, pod number per plant, grain number per pod, 1000- grains weight, grain yield and grain oil percent. Ten plants in each plot were used to determine grain yield components. Moreover, seed oil content was determined by NMR (nuclear magnetic resonance) method.

Results and Discussion: Occurring drought around flowering and pod formation stages led to a significant increase in leaf temperature and significant decrease in leaf relative water content, stomatal conductance, leaf chlorophyll index, pod number per plant, grain number per pod, 1000 grains weight, oil percent, grain and oil yields. But the effects of drought from flowering stage were too hard. Therefore, in case of water resources limitation, irrigation during flowering stage will be more important than pod formation stage. RGS003 genotype with higher relative water content, stomatal conductance and leaf chlorophyll index and lower leaf temperature, indicated the highest grain and oil yields. The highest grain and oil yields with 1120 and 466 Kg h^{-1} respectively were obtained from RGS003 under non-stress condition. Also RGS03 in all water conditions indicated higher yields and could be used to cultivate in areas with normal and limited irrigation water resources. The significant correlations among leaf temperatures, relative water content, stomatal conductance and leaf chlorophyll index with each other and grain and oil yields and yield components were seen. It seems that these traits can be used to select drought tolerant spring genotypes of rapeseed.

Conclusions: It can be concluded that spring rapeseed is more sensitive to occurring drought stress from flowering than from pod formation stage. Thus, water supply at flowering stage could be more effective in rapeseed yield production. Leaf temperatures, relative water content, stomatal conductance and leaf chlorophyll index can be used to screen high yielding spring genotypes of rapeseed for late season water deficit condition.

Keywords: Grain yield, Leaf chlorophyll index, Leaf temperatures, Relative water content, Stomatal conductance

1- Associate Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: b _ pasbaneslam@yahoo.com)